

# Filtro Activo de Potencia Bajo Diferentes Tipos de Carga

Teresa Núñez Zúñiga<sup>1,2</sup>, Alberto Soto Lock<sup>2</sup>, Rodolfo Moreno Martínez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú

**RESUMEN:** Debido al significativo desarrollo alcanzado por la electrónica de potencia, se ha producido la proliferación de cargas no lineales como los rectificadores de gran potencia, los que son responsables por el deterioro de la calidad de la onda de corriente. Este problema se traduce en la inyección de corriente distorsionada al sistema de transmisión o al sistema de distribución. Hoy en día la distorsión que se presenta en las ondas de tensión es el resultado de la inyección de armónicos de corriente por parte de las cargas no lineales a la red y que se ha convertido en un problema muy serio. En el presente artículo se estudia y simula un Filtro Activo de Potencia (FAP) shunt para la compensación de diferentes cargas monofásicas no lineales, las que suelen encontrarse en la industria y eliminar el efecto nocivo de la inyección de armónicos de corriente a la red.

**Palabras claves:** Claves: Filtro Activo de Potencia, armónicos, cargas no lineales

## I. INTRODUCCIÓN

El control de estado sólido de la potencia eléctrica, se logra por el uso de convertidores de frecuencia, fuentes de alimentación para computadoras entre otros, que utilizan tiristores u otros dispositivos semiconductores de potencia que son ampliamente usados para alimentar cargas eléctricas en forma controlada.

Este control, es también usado en sistemas de transmisión en corriente continua (HVDC) y en sistemas de generación de energía eléctrica del tipo renovable. Estos convertidores se comportan como cargas no lineales, debido a que absorben corriente con componentes reactiva y de tipo distorsionada (es decir con presencia de componentes armónicos) de la fuente alterna de alimentación. En los sistemas trifásicos, estas cargas podrían causar desbalance y absorber una

excesiva corriente en el conductor neutro. La inyección de armónicos, el consumo de potencia reactiva, el desbalance y la excesiva corriente en el conductor neutro causa una reducción en la eficiencia del sistema y empobrece el factor de potencia. Los convertidores también causan disturbios a otros consumidores e interferencia en la redes de comunicaciones que se encuentren cercanas.

Filtros pasivos L-C convencionales [1], fueron inicialmente utilizados para reducir los armónicos así como bancos de condensadores para mejorar el factor de potencia de las cargas. Sin embargo, los filtros pasivos tienen el desmérito de ser un sistema de compensación fija sobredimensionado y propenso a la resonancia. El incremento de la contaminación de armónicos en las redes de potencia ha originado el desarrollo de soluciones dinámicas y ajustables que resuelva los problemas de calidad de energía. Estas soluciones son equipos, generalmente conocidos como filtros activos de potencia (FAP), son también llamados acondicionadores activos de potencia, compensadores instantáneos de potencia reactiva, filtro activo de potencia, y acondicionadores de la calidad de la energía.

## II CONFIGURACIONES

Los FAP pueden clasificarse en base al tipo de convertidor [1], que puede ser fuente de tensión (VSC) o fuente de corriente (CSI). En base a la topología se pueden clasificar en shunt (paralelo), serie o una combinación de ambos. Según el número de fases, estos pueden ser monofásicos, trifásicos de tres hilos y trifásicos de cuatro hilos.

Según la topología, los FAP se clasifican en Serie, Shunt, unificada o acondicionador de energía unificada que usa una combinación de los dos filtros anteriores y Filtro Híbrido que es una combinación de un filtro activo serie y un filtro pasivo paralelo o shunt.

El FAP paralelo es ampliamente usado para eliminar los armónicos de corriente, compensación de potencia reactiva y para compensar el desbalance de corrientes. El filtro es conectado en paralelo y junto con la carga, debido a que la carga no lineal inyecta una componente distorsionada (componentes armónicas). El principio del FAP paralelo es el de inyectar en el punto de conexión, una corriente de compensación de la misma magnitud pero opuesta en fase para cancelar los armónicos y/o la componente reactiva de la carga no lineal.

### III. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL FILTRO ACTIVO DE POTENCIA PARALELO

En la Fig.1 se muestra el diagrama de bloques del Filtro Activo de Potencia [2], donde se tiene tres lazos de control:

Control de la tensión de red, que es usado como referencia para la forma de onda que se desea obtener de la corriente drenada después del filtraje activo. Control de la tensión DC del condensador C, que es usado para dar informaciones sobre el balance de potencia del sistema. Control de la corriente drenada de la fuente AC, que se usa para dar informaciones al sistema sobre la forma, amplitud y fase de la corriente.

Los bloques que conforman el diagrama de la Fig1 son los siguientes:

Muestra de tensión de red, donde se puede usar un transformador reductor[5].

Muestra de tensión del condensador C, tensión que es muestreada con un sensor Hall del tipo tensión[5].

Filtro pasa bajos: La muestra de tensión que viene del condensador C, se pasa a través de un filtro pasa bajos, que tiene como función reducir la ondulación que viene de la conmutación del inversor y de la rectificación de la tensión[5].

Control P.I.: Tiene el objetivo de estabilizar el lazo de control de tensión del condensador C del inversor, garantizando un error nulo en régimen estable. La señal de salida del P.I. se relaciona con la amplitud deseada para las referencias de las corrientes de red. Esta señal juntamente con las señales de las tensiones de red son introducidas en los multiplicadores[5].

Multiplicadores: Su trabajo es modular la referencia de corriente en función del balance de potencia[5].

Amplificador de error garantiza que la corriente entregada por la fuente siga a la referencia, se realimenta la corriente de la red, se resta de estas dos señales y la señal de error resultante se coloca en un compensador proporcional y así se generan las señales que serán comparadas con la señal portadora para generar la modulación de Ancho de Pulso (PWM).

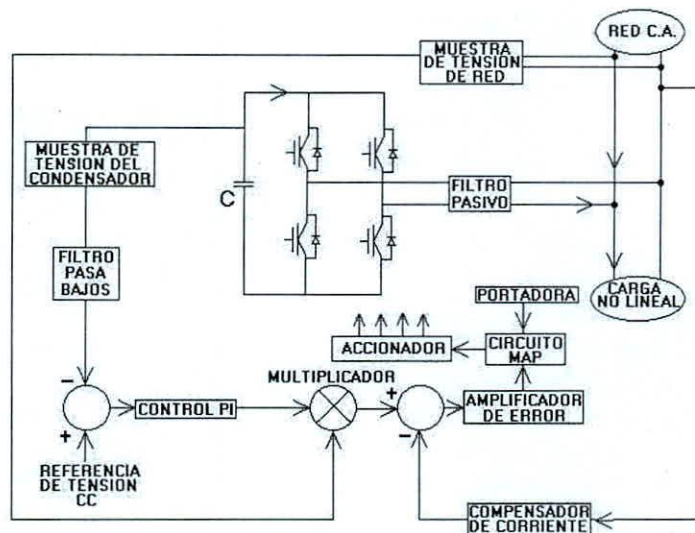


Fig. 1. Diagrama de Bloques del Filtro Activo de Potencia Monofásico Paralelo

Portadora: esta es una señal triangular que se combinará con la señal proveniente de amplificador de error para producir las señales PWM[5].

Inversor: es un conversor DC/AC, para el caso monofásico consiste de un inversor con 4 llaves bidireccionales en corriente, con frecuencia, forma y amplitud determinada por la señal que proviene del sistema de control. El lazo de tensión de la red se usa como referencia para tener la forma de onda que deberá tener la corriente medida, después de realizado el filtraje[5].

El Filtro Pasivo es un filtro pasa bajos que elimina las altas frecuencias provenientes de la conmutación de las llaves, deja pasar las bajas frecuencias, y esta compuesto en mínimo por inductancias, pero se puede hacer de mayores órdenes para mejorar su capacidad de filtraje, también la tensión del condensador C debe ser mayor que la tensión pico de la red, para poder inyectar corriente deseada a través de este filtro pasivo que conecta el inversor con la red[5].

#### IV. CARGAS NO LINEALES

Las cargas denominadas no lineales, normalmente inyectan corrientes no senoidales al sistema de potencia; cargas como los sistemas de rectificación a diodos o tiristores de gran potencia, ciclo-convertidores y hornos de arco son reconocidos como cargas generadoras de armónicos. El rectificador monofásico de diodos de baja potencia produce una cantidad de armónicos de corriente despreciable. Sin embargo, en grandes cantidades, los rectificadores de este tipo pueden llegar a inyectar una gran cantidad de armónicos al sistema eléctrico de distribución. Los rectificadores en las fuentes de poder ubicados al interior de los equipos electrónicos domésticos son considerados como cargas generadoras de armónicos.

Los rectificadores controlados por tiristores se constituyen en fuente generadora de armónicos donde la distorsión de la onda de corriente es el resultado de la conducción de los tiristores. El rectificador trifásico con una inductancia (L) suficiente, produce una corriente continua (DC) en el lado de la carga.

La forma de onda de la corriente del lado AC generada por rectificador, debido a que el contenido armónico es poco sensible de la impedancia del lado AC, este tipo de fuente generadora de armónicos se comporta como fuente de corriente lo que permite

definirla como fuente generadora de armónicos de corriente.

Los rectificadores a diodos con condensadores de alisamiento, se constituyen en cargas generadoras de armónicos de tensión debido a que la corriente producida en el lado AC [3] esta fuertemente distorsionada y cuyos armónicos son altamente influenciados por la impedancia del sistema, mientras que la tensión en los terminales AC del rectificador es menos dependiente de la impedancia de la fuente. Este tipo de carga se comporta como una carga generadora de armónicos tipo tensión.

#### V. EFECTO DE LA POTENCIA REACTIVA

El DC-link consiste en un condensador C que se usa como el elemento que almacena energía DC. Hay dos factores principales que afectaran la fluctuación de la tensión DC de este condensador, el primero es el transitorio bajo el desequilibrio de la potencia real, el segundo es el flujo de potencia reactiva a ser compensada. Para conseguir una buena eficiencia en la compensación se deben evitar grandes fluctuaciones de tensión en el condensador C.

Si la conversión de la potencia es sin perdidas, la red alimenta la potencia real demandada de la carga y el conversor de potencia provee la potencia reactiva a la carga en el estado estable.

De aquí que el condensador C es solo un buffer para el flujo de potencia reactiva. Por ello la potencia no real se alimenta desde este condensador.

La tensión promedio del condensado se mantiene en un valor constante, pero no se pueden evitar las fluctuaciones de tensión debido al flujo de potencia reactiva.

La potencia reactiva proporcionada por el conversor de potencia se puede asumir como:

$$p'_c(t) = \sum_{n=1}^{\infty} P_n \cos(n\omega t + \phi_n) \quad (1)$$

Las variaciones de tensión en el condensador C se pueden representar como:

$$v'_c(t) = \frac{-1}{CV_c} \sum_{n=1}^{\infty} \sin(n\omega t + \phi_n) \quad (2)$$

De aquí se puede encontrar que la variación de la tensión en el condensador C depende del orden de las armónicas y de la magnitud de la potencia AC inyectada en este condensador.

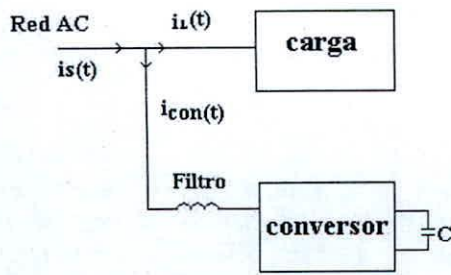


Fig. 2. Circuito de Potencia del FAP

**VI. EL EFECTO DEL DESBALANCE DE LA POTENCIA REAL.**

El balance de la potencia real podría perderse durante un transitorio causado por un cambio en la carga y esto resultaría en la fluctuación de la tensión DC del condensador C.

De la Fig.2, se puede encontrar que si la corriente principal es una onda senoidal con una amplitud  $I_s$ , entonces el flujo de potencia real puede representarse como [4] :

$$\frac{1}{2} V_s I_s = P_L - P_C \tag{3}$$

Donde  $P_c$  es la potencia real proporcionada por el convertidor de potencia. En el estado estable la potencia real consumida por la carga es igual a la potencia real proporcionada por la red, y  $P_c$  será cero. Considerando la variación de la carga, la ecuación anterior se puede escribir como:

$$\frac{1}{2} V_s (I_s + \Delta I_s(t)) = -\Delta P_C(t) + \Delta P_L + P_L \tag{4}$$

Restando la ecuación (3) de la (4) el término de variación se representa como:

$$\Delta P_C(t) = \Delta P_L(t) - \frac{1}{2} V_s \Delta I_s(t) \tag{5}$$

Como  $\Delta P_C(t)$  no es igual a cero en condiciones de desbalance de potencia, la tensión promedio del condensador C bajo esta condición se puede representar como:

$$\frac{1}{2} V_c (V_c + \Delta V_c(t))^2 - \frac{1}{2} V_c^2 = -\int_0^t \Delta P_C(t) dt \tag{6}$$

La magnitud de  $\Delta V_c(t)$  es mucho menor que  $V_c$ . Si se simplifica la ecuación (6) y se hace la operación de la transformada de La Place, la relación entre  $\Delta V_c(s)$  y  $\Delta P_c(t)$  se puede representar como [4] :

$$\frac{\Delta V_c(s)}{\Delta P_c(s)} = \frac{-1}{CV_c S} \tag{7}$$

Del análisis anterior, el modelo para el análisis de la potencia real de puede representar como en la Fig.3 aquí  $F(S)$  es la función de transferencia del filtro pasa bajos el cual filtra la salida del rizado del bus de tensión DC.

En la simulación, el filtro que se uso es un filtro pasa bajos de segundo orden y su función de transferencia es:

$$f(s) = \frac{\omega_0}{S^2 + \sqrt{2}\omega_0 S + \omega_0^2} \tag{8}$$

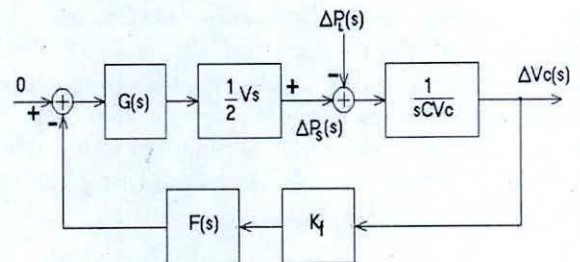


Fig.3 Modelo para el análisis de Potencia Real

Donde  $\omega_0$  es la frecuencia de corte. Para obtener una respuesta rápida,  $\omega_0$  debe ser diseñada con el valor más alto posible.

Desafortunadamente, esto resultara en un gran rizado en la tensión del condensador C, por lo tanto las armónicas en la corriente principal aumentarían. Por ello esto se debe tomar como un compromiso entre la respuesta y la distorsión armónica de la corriente fundamental,  $\omega_0$  se diseña como 377rad/s. En la Fig.3,  $G(s)$  es un controlador PI para la regulación de tensión del condensador C y

$$G(s) = K_p + \frac{K_I}{s} \tag{9}$$

**VII. RESULTADOS DE SIMULACIÓN**

Seguidamente se presentan los resultados de simulaciones basados en el circuito mostrado en la Fig.4, con diferentes tipos de carga.

En la Fig.5 se muestra el esquema de un rectificador monofásico con filtro por condensador conectado a una red de 110V (rms) y 60 Hz.

En la Fig.6 se muestran los resultados de la simulación, de la corriente IS y la tensión VS de la red en el que la corriente IS tiene forma pulsada, con valor pico de

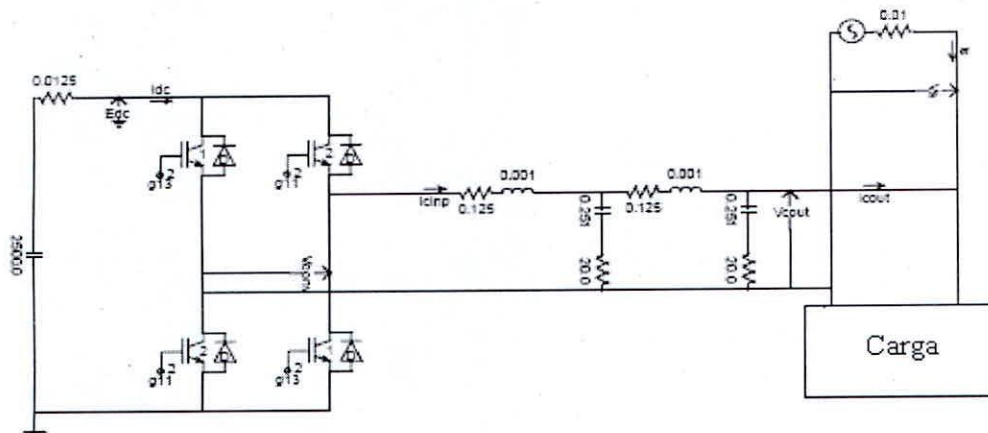


Fig. 4. Filtro Activo de Potencia, carga y red de alimentación

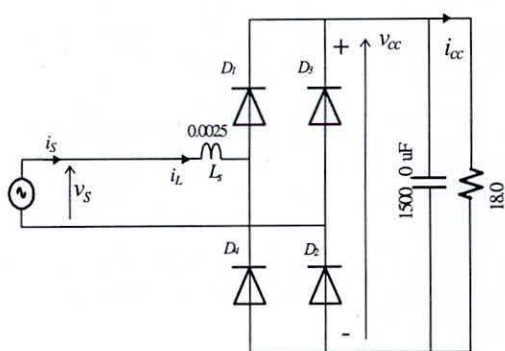


Fig. 5. Rectificador monofásico con filtro por condensador y sin FAP.

En la Fig.7 se muestra la nueva forma de onda de corriente de línea IS luego de colocarse un Filtro Activo de Potencia (FAP) en paralelo con el rectificador como se muestra en la Fig.4

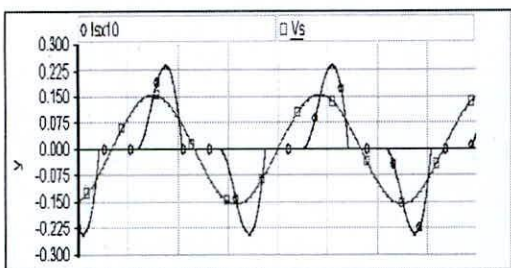


Fig. 6. Tensión Vs y Corriente Is de línea del rectificador.

El FAP suministra la componente reactiva fundamental y las componentes armónicas de la

corriente de carga de manera que solo la componente activa fundamental de la corriente de carga es suministrada por la red.

La compensación fuerza a la corriente de la línea IS a seguir una referencia dada, que en este caso es el voltaje de línea VS, emulando así, a una carga resistiva. De esta manera se logra reducir la distorsión armónica de corriente a 3.8% y mejorar el factor de potencia a 0.99

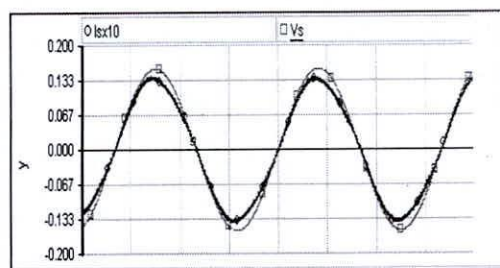


Fig. 7. Formas de onda de tensión Vs y Corriente Is de línea luego de la compensación efectuada por el filtro activo.

En las Fig.8 y Fig.9 se muestran las formas de onda de la corriente Idc y tensión Vdc en el condensador de 2,500uf colocado en los terminales DC del inversor del FAP. La corriente presenta un valor medio de cero ya que el FAP solo compensa la componente reactiva fundamental y los armónicos de la corriente de carga mientras que el voltaje en el condensador se mantiene constante e igual a 260V debido al control.

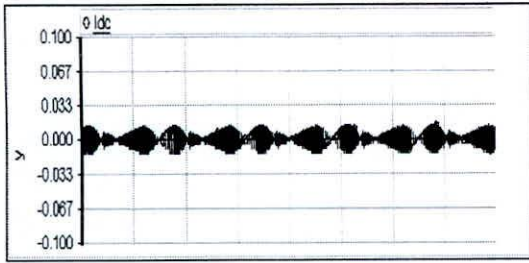


Fig. 8. Formas de onda de la corriente en el condensador en los terminales DC del inversor, donde se verifica que tiene valor medio cero.

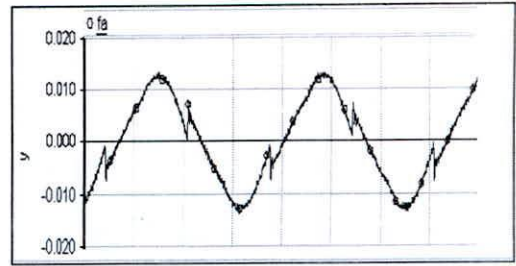


Fig. 11. Formas de onda de la señal de modulación generada por el control.

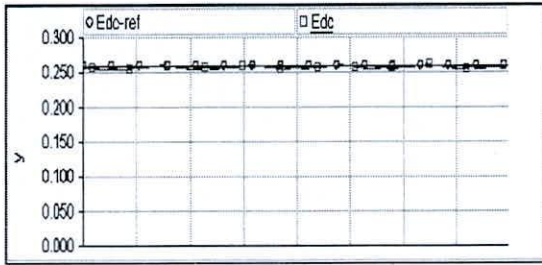


Fig. 9. Tensión de referencia y Tensión en el DC link del Inversor en 260 V.

En la Fig.10 se muestra la forma de onda de la corriente IL en los terminales de entrada del rectificador (Fig.4), inmediatamente después del FAP, la que mantiene su forma de onda pulsada compuesta por las componentes fundamentales activa y reactiva y por los armónicos.

En la Fig.11 se muestra la forma de la onda moduladora fa, que se genera en el control y es aplicada al modulador senoidal para generar la tensión PWM de salida del inversor



Fig. 10. Formas de onda de la corriente IL en los terminales de entrada del rectificador monofásico.

En la Fig.12 se muestra la corriente de salida del inversor que ingresa al filtro pasa bajos en el FAP.

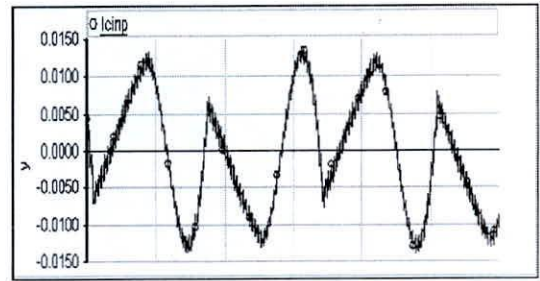


Fig. 12. Formas de onda de la corriente de entrada al filtro pasivo

En la Fig.13 se tiene la corriente de salida del filtro pasa bajos del FAP que es inyectada en los terminales AC del rectificador. Esta corriente está compuesta por la componente reactiva fundamental y por los armónicos de la corriente de carga (Fig.10). En esta figura se observa también, como el filtro pasa bajos del FAP atenúa los términos armónicos de alta frecuencia que corresponden a la frecuencia de conmutación del modulador PWM utilizado.

En la Fig.14 se muestra a las corrientes real sensada y filtrada de la carga Sy, la que es comparada con la corriente de referencia Syref generada por el control a partir de la tensión de línea VS y el error de tensión en el condensador del FAP.



Fig. 13. Formas de onda de la corriente inyectada por el filtro activo de potencia.

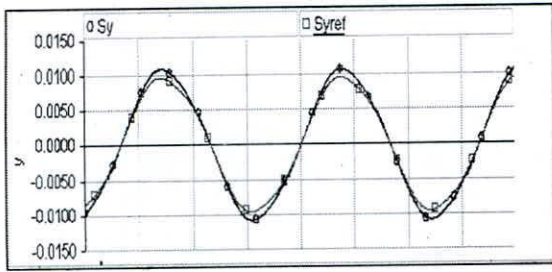


Fig. 14. Formas de onda de las señales de referencia de corriente y corriente real entregada por la red.

A continuación, se muestran los resultados de simulación, cuando la carga no lineal corresponde a una carga tipo fuente de corriente como el rectificador monofásico con filtro por inductor (25mH), cuyo esquema es mostrado en la Fig. 15

Este rectificador se caracteriza por generar una onda de corriente de línea quasi-cuadrada como se muestra en la Fig. 16 presentando un THD de 33.4% y un factor de potencia de 0.83

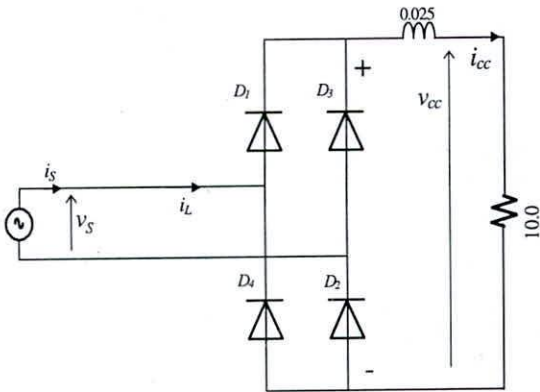


Fig. 15. Rectificador monofásico con filtro inductivo y sin FAP

La carga en los terminales DC del rectificador, consume una corriente promedio ICC de 9.4A con una tensión media VCC de salida de 94.4V

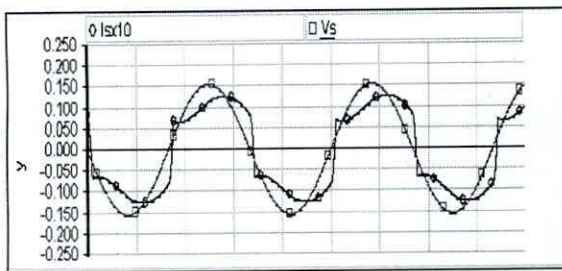


Fig. 16. Tensión Vs y Corriente Is de línea sin filtro Activo de Potencia

En la Fig.17 se muestra la nueva corriente de línea IS luego de que el FAP es colocado en paralelo con el rectificador y controlado de manera que inyecte la componente reactiva fundamental y los armónicos que están presentes en la corriente de carga IL de manera que la red, solo suministre la componente fundamental de corriente cuyo valor eficaz es de 9.2<sup>a</sup>

La Fig.18 corresponde a la forma de onda de la corriente IL en los terminales de entrada del rectificador

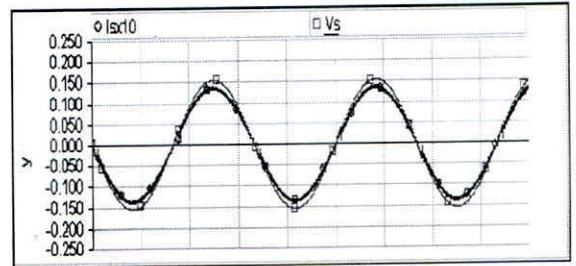


Fig.17 Tensión Vs y Corriente Is de línea con Filtro Activo de Potencia.



Fig. 18. Formas de onda de corriente en los terminales de entrada del rectificador monofásico.

La Fig.19 corresponde a la onda fa generada por el control y utilizada para modulación PWM



Fig. 19. Formas de onda de la señal de modulación generada por el control.

En las Fig.20 y Fig.21 se tienen las señales de referencia de corriente generada por el control y la corriente real IS necesarias para generar la señal de modulación para el generador PWM; y en la Fig.9 se

muestra la tensión en el condensador de 2500uF que se mantiene constante en 260V DC

Las Fig.22 y Fig.23 son las formas de onda de corriente de entrada y salida del filtro pasa bajos del FAP siendo la ultima de la Fig.23, la que se inyecta en los terminales del rectificador para la compensación de la potencia reactiva y de los armónicos de la corriente.

Las características del Filtro Activo de Potencia utilizado en la simulación son:

- Tensión de entrada 110 Voltios
- Tensión DC en el condensador 260 Voltios
- Potencia activa de entrada al Sistema con el FAP 1012 Vatios
- Potencia en la carga 1067 VA
- Factor de Potencia 0.99

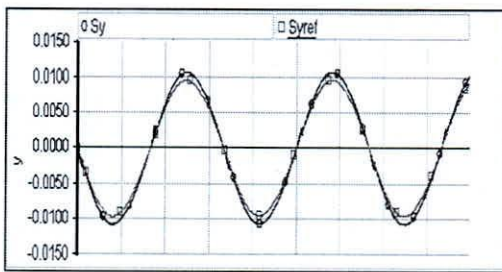


Fig. 20. Formas de onda de las señales de referencia de corriente y corriente real entregada por la red

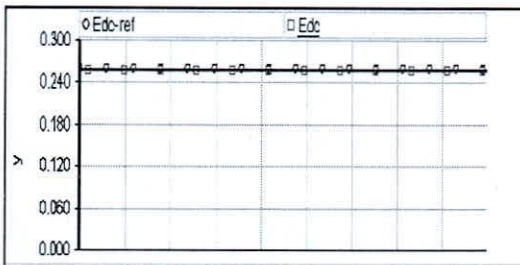


Fig. 21. Tensión de referencia y Tensión en el DC link del inversor en 260 V.



Fig. 22. Forma de onda de la corriente de entrada al filtro pasivo del FAP



Fig. 23. Formas de onda de la corriente de salida del FAP e inyectada en los terminales de entrada del rectificador

A continuación, se muestran los resultados de simulación, cuando la carga no lineal corresponde a una carga resistiva en serie con un convertidor AC-AC monofásico como se muestra en la Fig.24 con ángulo de control en  $\alpha = 60^\circ$  para el control de la potencia activa, como podría ser el caso de un sistema de iluminación. Este convertidor se caracteriza por generar una onda de corriente de línea recortada como se muestra en la Fig.25 presentando un THD de 33.8%

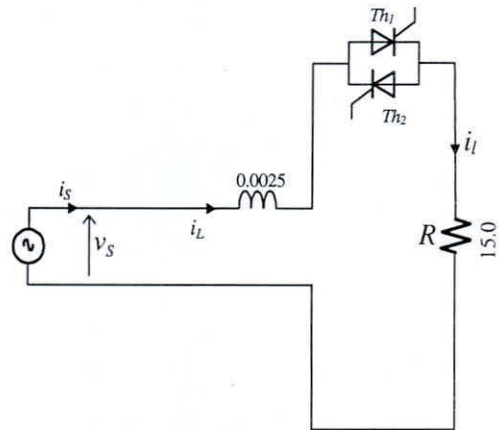


Fig. 24. Convertidor AC-AC monofásico sin FAP.

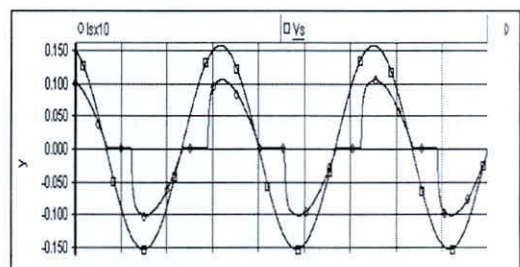


Fig. 25. Tensión Vs y Corriente Is de línea sin filtro Activo de Potencia

En la Fig.26 se muestra la nueva corriente de línea IS luego de que el FAP es colocado en paralelo con el convertidor y controlado de manera que inyecte la componente reactiva fundamental y los armónicos que están presentes en la corriente de carga IL de manera que la red, solo suministre la componente fundamental de corriente cuyo valor eficaz es de 6.0A



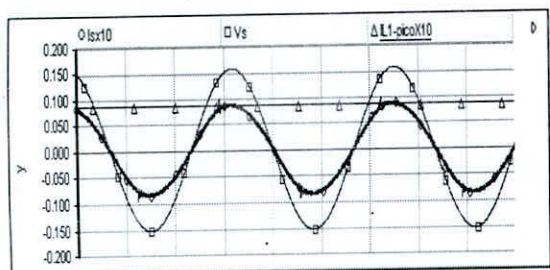


Fig. 26. Tensión  $V_s$  y Corriente  $I_s$  de línea con Filtro Activo de Potencia

En la Fig.27 se muestra la corriente a la entrada del convertidor.

La Fig.28 corresponde a la onda  $i_a$  generada por el control y utilizada para modulación PWM. La Fig.29 muestra la forma de onda de corriente de salida del filtro pasa bajos del FAP la que es inyectada en los terminales del rectificador para la compensación de la potencia reactiva y de los armónicos de la carga.

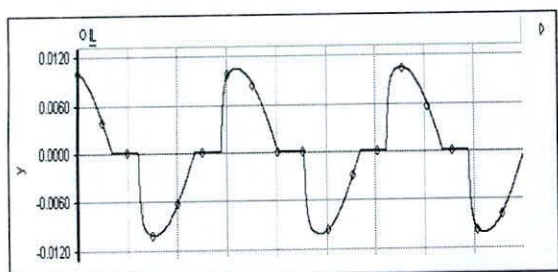


Fig. 27. Formas de onda de la corriente  $i_L$  en los terminales de entrada del rectificador monofásico

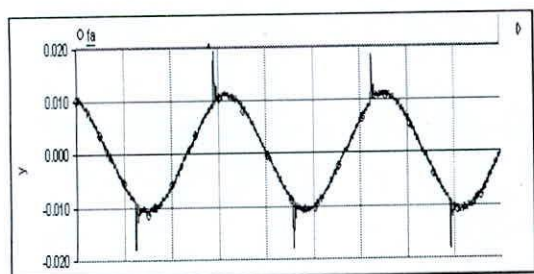


Fig. 28. Formas de onda de la señal de modulación generada por el control.

En la Fig.30 se muestran la forma de onda de la tensión  $V_{dc}$  en el condensador.

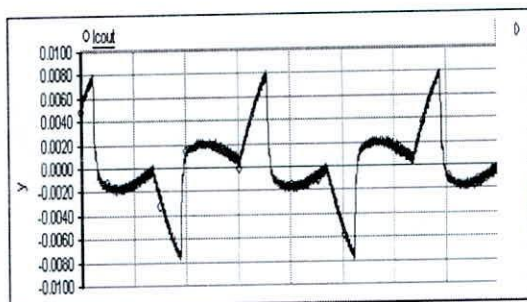


Fig. 29. Formas de onda de la corriente de salida del FAP e inyectada en los terminales de entrada del rectificador

Cuando la carga no lineal corresponde a un puente rectificador monofásico de tiristores que alimenta una carga inductiva como se muestra en la Fig.31 con ángulo  $\alpha = 25^\circ$  para el control de la potencia activa en los terminales dc de la carga. Este convertidor se caracteriza por generar una onda de corriente quasi-cuadrada como se muestra en la Fig.32 presentando un THD de 24.7%

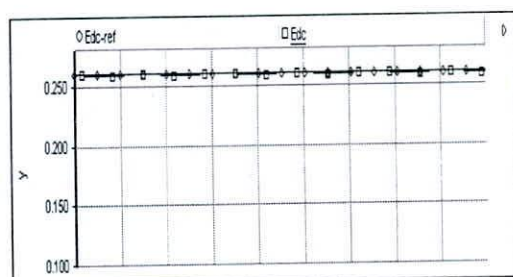


Fig. 30. Tensión de referencia y Tensión en el DC link del inversor en 260 V.

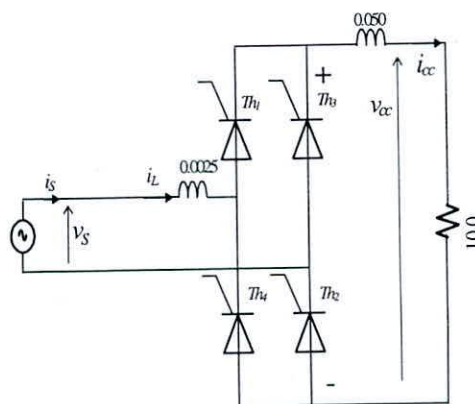


Fig. 31. Rectificador monofásico controlado sin FAP.

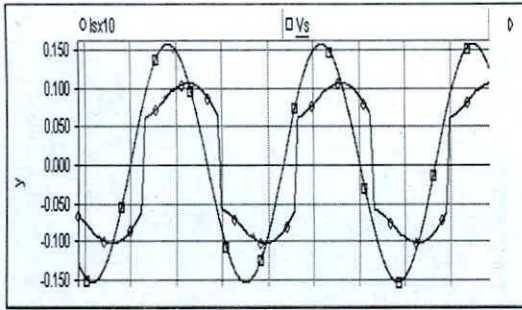


Fig. 32. Tensión  $V_s$  y Corriente  $I_s$  de línea sin Filtro Activo de Potencia.



Fig. 35. Formas de onda de la señal de modulación generada por el control.

En la Fig.33 se muestra la nueva corriente de línea  $I_s$  luego que el FAP es colocado en paralelo con el convertidor, como en la Fig.4 y controlado de manera que inyecte la componente reactiva fundamental y los armónicos que están presentes en la corriente de carga  $I_L$  de manera que la red, sólo suministre la componente fundamental de corriente cuyo valor eficaz es de 7.0A

La corriente  $I_s$  de red presenta en este caso una distorsión armónica total de sólo 1.5%

En la Fig.34 se muestra la corriente a la entrada del convertidor

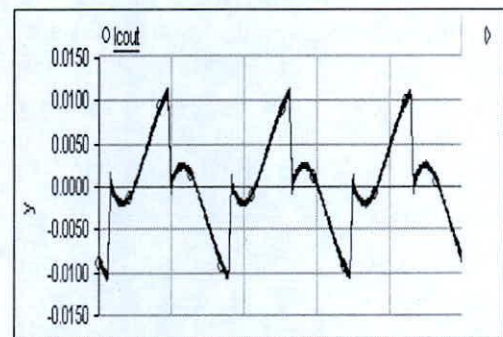


Fig. 36. Formas de onda de la corriente de salida del FAP e inyectada en los terminales de entrada del rectificador

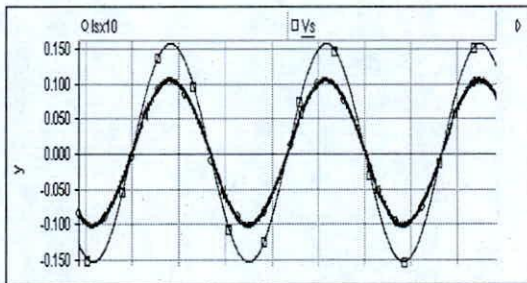


Fig. 33. Tensión  $V_s$  y Corriente  $I_s$  de línea con Filtro Activo de Potencia

La Fig.36 muestra la forma de onda de corriente de salida del filtro pasa-bajos del FAP la que es inyecta en los terminales del rectificador para la compensación de la potencia reactiva y de los armónicos de la carga

## VIII. CONCLUSIONES

En este artículo se simuló un Filtro Activo de Potencia Paralelo sometiéndolo a trabajar con diferentes tipos de cargas como un rectificador monofásico con filtro a condensador, un rectificador monofásico con filtro inductivo, carga resistiva en serie con un convertidor AC/AC monofásico y puente rectificador monofásico a tiristores alimentando una carga inductiva.

Estos resultados comprueban plenamente la potencialidad del FAP ya que en todos ellos se ve la acción dinámica del Filtro Activo de Potencia quien entrega la componente reactiva fundamental y las componentes armónicas de la corriente de carga de manera que sólo la componente activa fundamental de la corriente de carga es suministrada por la red, mejorando así el factor de potencia.

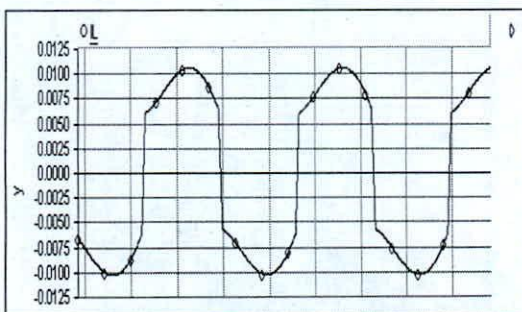


Fig. 34. Formas de onda de la corriente  $I_L$  en los terminales de entrada del rectificador monofásico.

La Fig.35 corresponde a la onda  $f_a$  generada por el control y utilizada para modulación PWM

La acción del FAP paralelo no cambia la corriente de carga, ya que no afecta el voltaje en el punto de acoplamiento común.

#### REFERENCIAS

- [1] B. Singh y A. Chandra *A Review Of Filters For Power Quality Improvement*, *IEEE Trans. Ind. Electron.* Vol. 46 N0 5, pp. 960-971, Oct. 1999.
- [2] M. V. Ataide and J. A. Pomilio, *Single-Phase Shunt Active Power Filter: A Desing Procedure Considereing Harmonics And Emi Standards*. Proceedings IEEE Trans. Power Electron., Vol.2, pp. 422-427, Guimaraes, Portugal 1997.
- [3] F. Zheng, *Aplication Issues of Active Power Filters*, *IEEE Ind. Appl. Mag.*, pp. 21-30, Sep,Oct 1998.
- [4] J.C. Wu y H.L. Jou. *Simplified Control Method For Single-Phase Active Power Filter*. *IEEE. Proc. Electr. Power APPL.*, Vol.143 N0 3, pp. 219-224. May, 1996.
- [5] T.E. Nuñez and J.A. Pomilio, *Shunt Active Power Filter synthesising Resistive Loads* . *IEEE Trans. Power Electron.* Vol. 17, N0.2, March 2002.